

Aproximación estadística multivariante de la definición del riesgo de inundación en estuarios y tramos de ríos afectados por marea

Sopelana-Peralta, Javier^a, Tomas-Sampedro, Antonio^b y Cea-Gonzalez, Luis^c

^a *Aquática Ingeniería Civil S.L Areal 42 2ª derecha.36201.Vigo.* jsopelana@aquaticaingenieria.com ^b *Instituto de Hidráulica Ambiental "IHCantabria". Universidad de Cantabria, C/ Isabel Torres nº 15. Santander, 39011, España; (+34) 942-201616.* antonio.tomas@unican.es ^c *Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente GEAMA. Universidad de A Coruña.* lcea@udc.es

1. Introducción

En zonas costeras, las inundaciones son procesos complejos consecuencia de la interacción de varios forzadores o "drivers" como pueden ser el oleaje, el nivel del mar (marea astronómica y/o meteorológica) y el caudal del río, que puede ser independientes (oleaje y marea astronómica) o pueden estar más o menos correlacionadas (por ejemplo oleaje y marea meteorológica), de tal forma que, el mismo nivel de agua puede ser el resultado de diferentes combinaciones de una o más de las dinámicas en juego (Sopelana et al, 2017).

Además, estas zonas costeras se caracterizan por ser lugares muy presionados de forma antropogénica, por lo que la vulnerabilidad y la exposición son altas, dando lugar por lo general a zonas con elevado riesgo de inundación.

2. Motivación

La Comisión Europea aprobó en noviembre de 2007 la Directiva 2007/60, sobre la evaluación y gestión de las inundaciones que ha sido transpuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 903/2010 de evaluación y gestión de riesgos de inundación. Durante el periodo 2011-2015 se desarrolló el primer ciclo de la aplicación de esta Directiva. Desde el punto de vista técnico el MAGRAMA resuelve la inundación de las ARPSIs costeras mediante la metodología IOLE, (Tomas et al, 2015). En ella, para los estuarios y zonas costeras donde no existe oleaje, se resuelve la peligrosidad por nivel de marea (astronómica y meteorológica), despreciando la influencia de la dinámica fluvial. Por otro lado, los organismos de cuenca (confederaciones hidrográficas), estudian las ARPSIs fluviales en base a la *guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de cartografía de Zonas Inundables* (Martinez y Lastra 2011). Según la guía, debido a la complejidad de los procesos, se aplica a las ARPSIs con desembocadura una condición de contorno de nivel del mar en el modelo hidráulico, correspondiente al mismo periodo de retorno que el de la avenida que se esté modelizando, lo cual resulta conservador y lejos de la realidad.

Nos encontramos, por tanto, en una zona compleja de solape de dinámicas que responde a una distribución multivariante y que en la actualidad no se ha resuelto de forma correcta. Para resolver esto, Sopelana et al 2018, emplean una metodología de simulación en continuo para zonas estuarinas y tramos de ríos costeros con tres variables (caudal del río, marea astronómica y marea meteorológica).

En este contexto, con el presente artículo se pretende avanzar en el estudio de las inundaciones en estuarios y tramos de río costeros donde la inundación resulta de la interacción del nivel de mar (marea astronómica y meteorológica) y el caudal del río, mediante el empleo de técnicas estadísticas multivariantes. El objetivo es responder a la pregunta: ¿Cuál es la condición de contorno más realista que se debe utilizar en un modelo hidrodinámico a la hora de definir riesgo de inundación en estuarios y ríos costeros?

3. Metodología.

La metodología genérica para el estudio se puede esquematizar en los siguientes pasos:

La metodología genérica para el estudio se puede esquematizar en los siguientes pasos:

- 1.- Análisis previos de los datos de partida. La disponibilidad de datos es uno de los principales problemas a la hora de realizar análisis extremal de eventos.
- 2.- Generación de series sintéticas. Se ha generado series sintéticas de caudal (IHCantabria, 2013), de marea astronómica (en base a la componente armónicas) y de marea meteorológica (Sopelana et al, 2018).
- 3.- Análisis de las funciones de distribución extremal residual de cada una de las variables, mediante la técnica GEV.

4.- Análisis extremal conjunto mediante funciones Cópula gaussianas.

5.- Representación de los resultados en papel probabilístico.

4. Aplicación a un caso real

La metodología propuesta se ha aplicado al caso real de Betanzos (ARPSI costera ES014-CO-12-01-03-C, ARPSI fluvial ES014-CO-12-01-01). Betanzos es una ciudad histórica ubicada en la unión de río Mendo con el Mandeo, en la cola del estuario de Betanzos. Esta ciudad ha sufrido inundaciones de forma frecuente, la mayoría asociadas a situación de mareas vivas. A la hora de aplicar la metodología a un caso real se han obtenido una serie de reflexiones importantes, entre las que se destacan:

- Análisis de sensibilidad de los forzadores: se ha realizado un análisis de sensibilidad de los drivers a emplear (Qrío vs Nivel del mar, Qrío vs Marea meteorológica, Qrío vs Marea meteorológica,...), sus dependencias y como integrarlas en el estudio (régimen medio o extremal de marea astronómica,...).
- Análisis mensual: teniendo en cuenta marcada distribución mensual de los forzadores, se ha comparado los resultados anuales con la envolvente mensual.
- Análisis sensibilidad de la duración de la serie sintética: se ha comparado los resultados con 500 años y con 10000 años, así como 20 análisis de 500 años
- Validación de series sintéticas con serie real de 24 años: a pesar de que la disponibilidad de datos es uno de los principales problemas de los estudios de extremos (como se ha comentado anteriormente), en este caso se compara los resultados de las series sintéticas (500 años) con 24 años de datos reales.

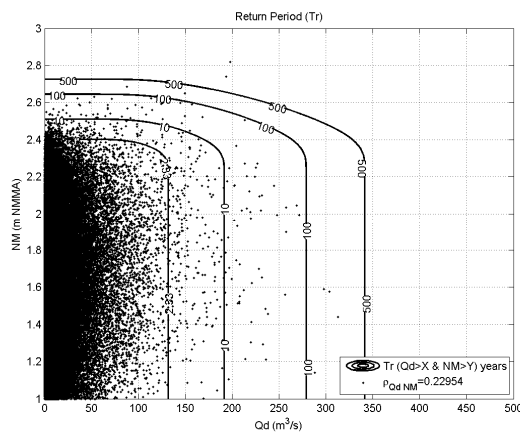


Fig. 1: Resultados de función cópula Qrío – Nivel del mar

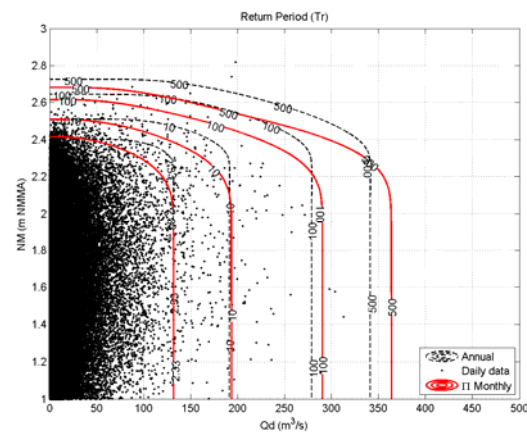


Fig. 2: Resultados envolvente mensual

5. Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al departamento de planificación hidráulica de Aguas de Galicia por los datos del MDT, los aforos y la serie de caudal sintética, y al organismo Público de Puertos de Estado, por los datos de mareógrafo de A Coruña.

6. Referencias

- IHCANTABRIA. (2013). “Caracterización de hidrogramas asociados a eventos extremos en diversos puntos de la red fluvial de Galicia costa”. Departamento de planificación de Aguas de Galicia.
- SANCHEZ MARTINEZ, F. J., LASTRA FERNANDEZ, J. (2011). “Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas inundables”. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. ISBN: 978-84-491-1136-5
- SOPELANA, J, LOPEZ MERA, F. RUANO, S y CEA, L. (2017) “Metodología para la definición de riesgo de inundación en estuarios y tramos de ríos afectados por la marea. efectos del cambio climático” XIV Jornadas Españolas de Costas y Puertos.
- SOPELANA, J, CEA, L and RUANO.S (2018) “A continuous simulation approach for the estimation of extreme flood inundation in coastal river reaches affected by meso and macrotides” *Natural Hazards*. Doi: 10.1007/s11069-018-3360-6
- TOMÁS, A., MÉNDEZ, F.J., MEDINA, R., JAIME, F.F., HIGUERA, P., LARA, J.L., ORTIZ, M.D., ÁLVAREZ DE EULATE, M.F. (2015) “A Methodology to estimate wave-induced coastal flooding hazard maps in Spain”. *Journal of Flood Risk Management*. doi: 10.1111/jfr3.12198